

愛媛大学大学院 学生会員 ○岩本 一誠  
 愛媛大学大学院 学生会員 沖 俊貴  
 愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

近年基礎の設計も性能設計へと移行しており、地盤の弾性状態から塑性状態までの基礎の挙動を解明し予測することの重要性が増している。そのため、任意の組み合わせ荷重をうける直接基礎の荷重-変位関係を予測する方法として、基礎-地盤系を1つの要素とするマクロエレメント法<sup>1) 2)</sup>の研究が進められている。日本は世界有数の地震大国であることから、地盤に作用する地震時慣性力の影響を考慮する必要があるが、地震慣性力が地盤の支持力特性に及ぼす影響に関する実験的研究事例は少ない。そこで本研究では、地震時の荷重-変位モデル作成の第一段階として、地盤に作用する水平加速度が密な砂地盤の支持力特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として模型実験を行った。実験では遠心模型実験装置を用いて地盤に水平加速度を作用させ、砂地盤上の帯基礎の中央に鉛直荷重を載荷した。

2. 実験概要

実験装置の概略図を図1に示す。実験には内寸430mm(幅)×120mm(奥行)×227mm(深さ)の剛な土槽を用い、これに乾燥した豊浦砂を相対密度が約85%となるよう空中落下させて模型地盤を作成した。模型基礎は幅B=30mmの底面が粗な帯基礎である。載荷は、ロードセルとモーターをワイヤーで接続し、ワイヤーを巻き取ることで行った。

荷重は基礎にピン接続したロードセルで、変位は基礎両端に取り付けたレーザー変位計で測定した。加速度の作用方法は、図2に示すように土槽を遠心模型実験装置に設置し、プラットフォームが振り上がらないように固定した状態で遠心装置を回転して加速度を作用させた。水平加速度  $a_h$  は基礎の位置(回転中心から72.5cm)で  $0\text{m/s}^2$ ,  $2\text{m/s}^2$ ,  $4\text{m/s}^2$  とし、それぞれ複数回の実験を行った。この実験では地盤内の水平加速度は半径と共に増加するので、図2の地盤右端では中心部の1.29倍の加速度である。

3. 実験結果

鉛直載荷試験より得られる荷重強度-沈下曲線図を図3に示す。ここで縦軸は荷重強度  $q$  を地盤の単位体積重量  $\gamma$  と基礎幅  $B$  で、横軸は基礎中心の鉛直変位  $v$  を  $B$  でそれぞれ無

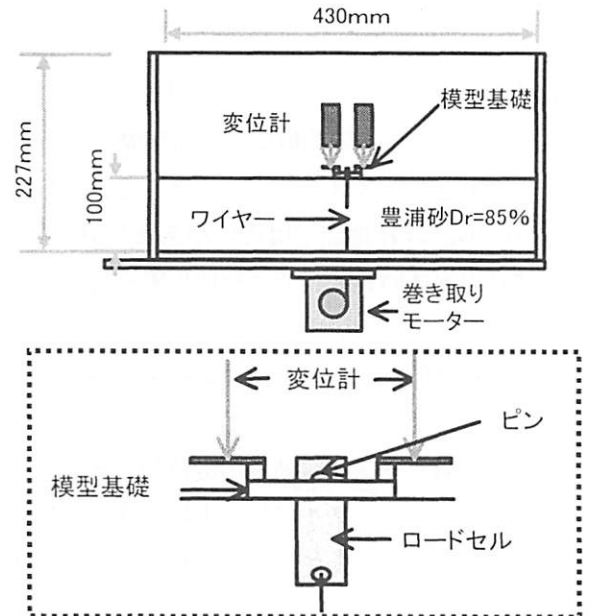


図1 実験装置

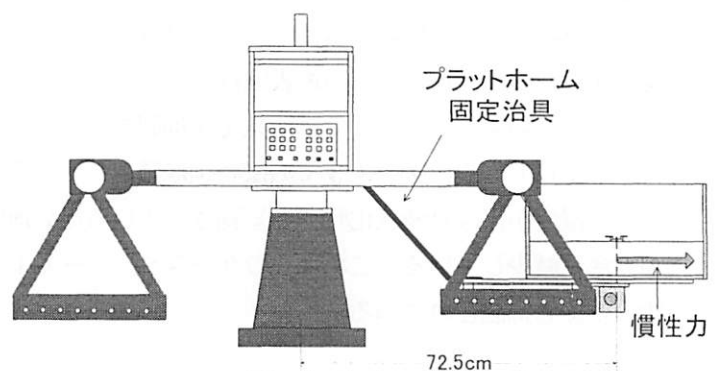


図2 加速度の作用方法

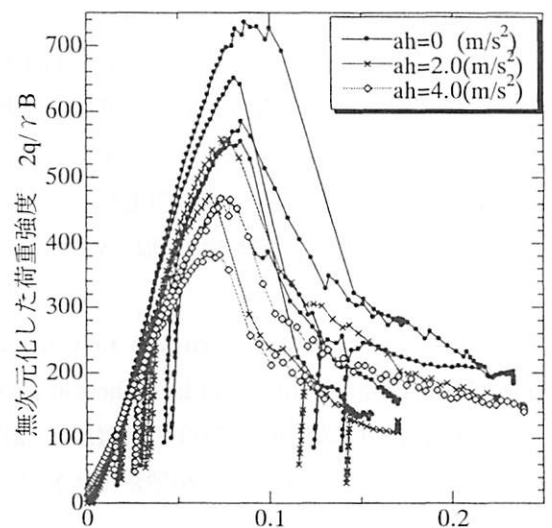


図3 荷重強度-沈下曲線

次元化したものである。水平加速度の増加と共に、曲線の初期勾配すなわち初期地盤反力係数及び、極限支持力が減少しており、加速度の影響が表れている。

図4は荷重強度-沈下曲線のピーク時の荷重強度、 $q_f$ から求めた支持力係数  $N_\gamma (=2q_f/\gamma B)$  を加速度に対してプロットしたものである。図には地盤の破壊領域での水平加速度の範囲を示している。作用する加速度が増加すると  $N_\gamma$  は減少していることがわかる。

図5はChingら<sup>3)</sup>が分割法により求めた、地盤に作用する水平加速度とそれによる支持力の低減係数  $\eta_c$  の関係である。 $\eta_c$  の計算には、平面歪圧縮試験の結果より決定した内部摩擦角  $\phi_p$  を用いた。図中には  $a_h=0$  のケースの平均値で除した実験結果も示している。Chingらの計算結果、実験結果ともに加速度の増加により支持力が直線的に減少し、その低減率は  $a_h=4.0$  のときに約25%であることがわかる。

図3の荷重強度-沈下曲線の初期勾配、すなわち無次元化した初期地盤反力係数  $q_i/\gamma v_i B$  と加速度の関係を図6に示す。加速度の増加と共に初期地盤反力係数は減少し、その低減率は  $a_h=4.0$  のとき約35%であることがわかる。

実験では、図3に示すように载荷中に一時的な除荷を行った。図7は除荷過程の勾配、すなわち除荷剛性  $k_v$  と加速度の関係である。加速度が増加しても除荷剛性は変化しないことがわかる。

実験では事前に地盤内に色砂を敷設することですべり線を確認した。確認したすべり線の形状を図8に示す。すべり線の形状を加速度毎に比較すると、発生位置に多少のばらつきがあるものの加速度が増加するに従いすべり線の最大到達深度は浅くなり、すべり線は加速度の作用方向に伸びていく傾向にあることがわかる。

#### 4. まとめ

本研究から、以下の結論が得られた。

- ①極限支持力・初期地盤反力係数は加速度の増加と共に減少し、その減少率は分割法による解析結果と良

い対応を示す。

- ②除荷剛性は加速度が増加しても変化しない。
- ③加速度が増加すると共にすべり線の最大到達深度は浅くなり、すべり線は加速度の作用方向に伸びていく傾向にある。

参考文献:

- 1)G.Gottardi,G.T.Houlsby,R.Butterfield:Plastic response of circular footings on sand under general planar loading.Geotechnique 49,No4 pp.453-469,1999
- 2)古川ら:組合せ荷重を受ける帯基礎のマクロエレメントモデル,第43回地盤工学研究発表会,pp.1341-1342,2008
- 3)Chingら: .Seismic bearing capacity of rigid footing adjacent to a cohesionless slope.Soil and Foundations Vol.48,No5,641-651,2008.
- 4)岡村ら:砂地盤における円形及び帯基礎の支持力に関する研究.土木学会論文集 No.463/III-22,pp.85-94,1993

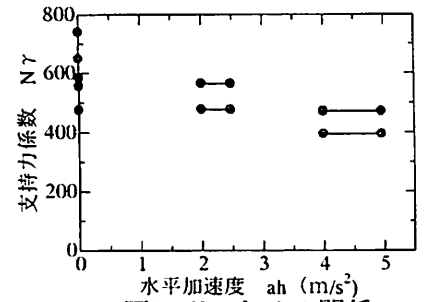


図4  $N_\gamma$  と  $a_h$  の関係

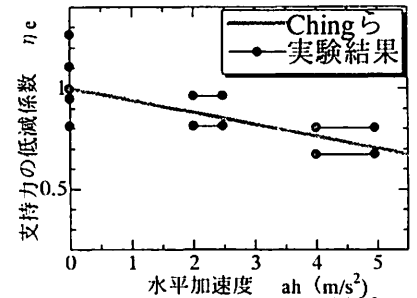


図5  $\eta_c$  と  $a_h$  の関係

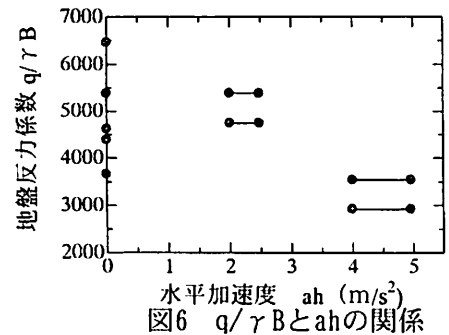


図6  $q_i/\gamma v_i B$  と  $a_h$  の関係

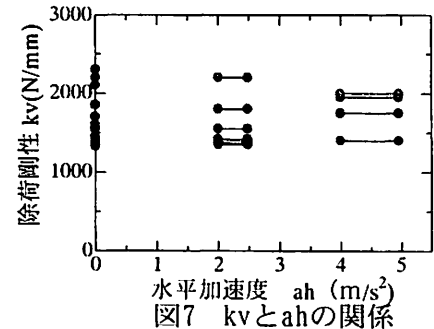


図7  $k_v$  と  $a_h$  の関係

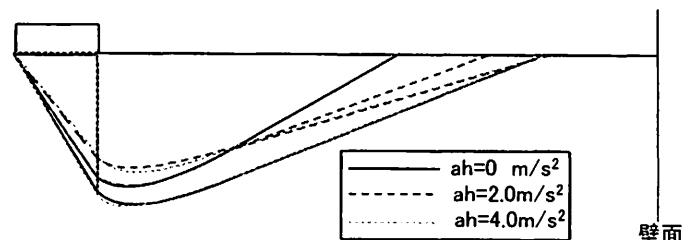


図8 すべり線の形状